

В.Е. Абракітов, П.А. Білим, С.В. Нестеренко, А.С. Рогозін

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ПОБУДОВА ТРИВИМІРНИХ ПРОСТОРОВИХ КАРТ ШУМУ

Останні дослідження вчених показали, що шум міста негативно впливає на здоров'я людини. Широке поширення протягом останніх років мають карти шуму, які застосовують для наочного зображення шумового режиму територій. При побудові таких карт шуму лініями однакового рівня звуку з'єднують ті точки на плані місцевості, де зафіксовано кількісно рівні значення децибел.

Однак такі карти, які звичайно будуються в двовимірному просторі, на площині, недостатньо точно визначають границі зон акустичного дискомфорту, котрі мають тривимірний вимір. Просторові карти шуму можуть являти собою сукупність просторових фігур, що зображують нормативні рівні звуку для об'єктів в оточенні джерела шуму в декількох площинах (тривимірний простір), основа котрих (тобто площина, що лежить у двох вимірах), паралельна поверхні ґрунту, а третій вимір являє собою висоту над поверхнею ґрунту.

Використовуючи описану в роботі модель, враховуючи характеристики спрямованості звукової енергії джерел шуму, з'являється можливість комп'ютеризації процесів побудови звукових полів у тривимірному просторі. Застосування тримірних моделей також значно підвищує наочність карт шуму.

Для одержання просторової карти джерела шуму пропонується методика, описувана в роботі. Для оцінки шумового забруднення на території центра м. Харків, в якості приклада, була побудована 3D модель даної місцевості з урахуванням особливостей рельєфу.

Ключові слова: 3D модель ArcGIS, карта шуму, моделювання, шум.

Постановка проблеми

Серед органів почуття слух - один з найважливіших. Завдяки йому ми здатні сприймати й аналізувати величезне різноманіття звуків, що оточують нас.

Останні дослідження вчених показали, що шум міста негативно впливає на зоровий і вестибулярний апарати, знижує стійкість ясного бачення й рефлекторної діяльності, що часто стає причиною нещасних випадків і травм. Шум настільки небезпечний, що лікарі говорять про шумову хворобу, яка розвивається в результаті впливу шуму з переважним ураженням слуху й нервової системи.

Передбачити вплив майбутніх джерел шуму, шумовий режим житлової забудови й розробити конкретні рекомендації в цій області — одне з головних завдань, що постають перед містобудівниками в проектній практиці. Широке поширення в усьому світі протягом останніх років мають карти шуму, які застосовують для наочного зображення шумового режиму територій (рис. 1).

Метою нашої науково-дослідної роботи є проведення моніторингу техногенного забруднення за фактором розповсюдження шуму на території центральної частини м. Харкова – та, як очікуваний кінцевий результат, побудова карт шуму.

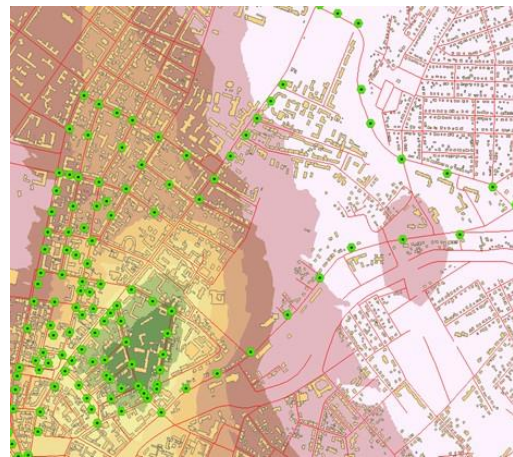


Рис. 1. Карта шуму центра м. Харків

<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Krige of otmetki
		42,28113937 - 47,18633864
		47,18633865 - 52,0915379
		52,09153791 - 56,99673716
		56,99673717 - 61,90193643
		61,90193644 - 66,80713569
		66,8071357 - 71,71233495
		71,71233496 - 76,61753421
		76,61753422 - 81,52273348
		81,52273349 - 86,42793274

Рис. 2. Таблиця атрибутів до карти ШУМУ м. Харків. Чисельні значення в дБА

Виклад основного матеріалу

Карти шуму являють собою епюри рівнів звуку (або епюри рівнів звукового тиску), які прокладені по лінії забудови складного об'єкта (наприклад, вулиці, району міста та ін.). При побудові таких карт шуму лініями однакового рівня звуку з'єднують ті точки на плані місцевості, де зафіксовано кількісно рівні значення децибел [1, 2].

Карти шуму будують за даними або безпосередніх натурних вимірів, або за результатами моделювання [3, 4]. В будь-якому разі виникає проблема наявності значної кількості таких точок. Чи то є місця безпосередніх натурних вимірів, чи то є розрахункові точки якоїсь математичної моделі, котра описує процес розповсюдження звуку. Але їх, таких "контрольних точок", у котрих якихось чином було виміряне (або вираховане) шукане значення рівня звуку (рівня звукового тиску), в будь-якому разі недостатньо (рис. 2).

Створення будь-яких карт (у т. ч. – карт шуму) умовно можна розбити на три основних етапа (рис. 2) [5]:

- підготовка картографічних матеріалів;
- виготовлення цифрової векторної карти заданого масштабу;
- створення цифрової векторної карти.

Кожний з перерахованих етапів містить певний набір операцій, які будуть розглянуті далі. Кожна операція є окремою сходинкою на шляху створення кінцевої моделі.

Однак такі карти, які звичайно будуються в двовимірному просторі, на площині, недостатньо точно визначають границі зон акустичного дискомфорту, котрі мають тривимірний вимір. Просторові карти шуму дозволяють визначити не тільки двовимірні зони (на площині), але й (просторові тривимірні) області шумового впливу будь-яких джерел, - при тому як окремих, так і цілих груп. Отже, використання просторових карт значно підвищує точність та адекватність відбиття ситуації (а, з цього випливає, і точність майбутніх акустичних розрахунків) при аналізі шумовій обстановці навколо джерел.

Просторові карти шуму можуть являти собою сукупність просторових фігур, що зображують нормативні рівні звуку для об'єктів в оточенні джерела шуму в декількох площинах (тривимірний простір), основа котрих (тобто площина, що лежить у двох вимірах), паралельна поверхні ґрунту, а третій вимір являє собою висоту над поверхнею ґрунту. Тобто це подібно картографічному зображенню рельєфу поверхні. Відстань між площинами може бути обрана залежно від бажаного ступеня точності розв'язуваного завдання.

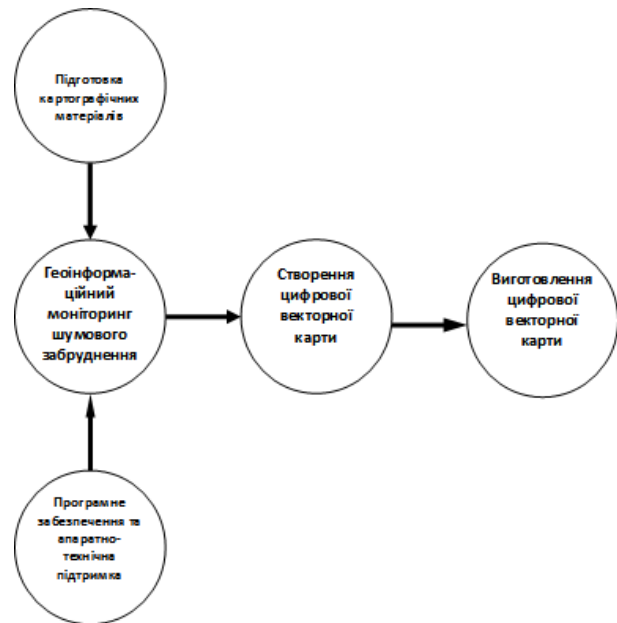


Рис. 3. Схема ланцюжка створення проекту геоінформаційного моніторингу шумового забруднення

Якщо джерела шуму на досліджуваному об'єкті або промислового підприємстві некогерентні по потужності й у часі (що має місце в загальному випадку), то карти шуму будуються для різних сполучень характеристик роботи цих джерел.

Для побудови карти шуму в просторі необхідно в обраній системі визначити координати всіх джерел шуму й розрахункових точок, а також об'єктів, здатних вплинути на характер поширення звукових хвиль.

Для одержання просторової карти джерела шуму пропонується наступна методика.

1. Проводяться виміри рівнів звуку джерела в "n" точках на напівсферичній поверхні, радіус якої (R) визначається розмірами джерела [5].

2. Результати вимірів апроксимуються вираженням

$$L = \sqrt{Ax_i^2 + By_i^2 + C(R^2 - x_i^2 - y_i^2)}, \quad (1)$$

де R - радіус поверхні виміру, м;

x_i, y_i - поточні координати точки на вимірюваній поверхні, м;

A, B, C - коефіцієнти, що характеризують ступінь нерівномірності випромінювання звукової енергії.

Коефіцієнти A, B, C визначаються по методу найменших квадратів:

$$\sum_{i=1}^n \left[L_i - \sqrt{Ax_i^2 + By_i^2 + C(R^2 - x_i^2 - y_i^2)} \right] \rightarrow \min, \quad (2)$$

У результаті виходить несферична поверхня, кожна точка якої характеризується певним значенням рівня звуку " L_i ".

4. За результатами вимірів обчислюється середнє значення звуку.

$$L_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i - 12}}{n}, \quad (3)$$

5. Для будь-якого довільного напрямку, заданого координатами центра джерела шуму й розрахункової точки, можна визначити коефіцієнт нерівномірності випромінювання звукової енергії через її інтенсивність та врахувати це при подальшій побудові.

Аналіз шумового режиму території на площині однозначно характеризує всі точки досліджуваного простору по вертикалі. У загальному випадку такі характеристики свідомо є причинами серйозних помилок в акустичних розрахунках. Наприклад, на фасаді багатопверхового будинку визначені рівні звуку від транспортної магістралі, що мають по вертикалі одне й теж значення:

$$L_1 = L_2 = L_3 = \dots = L_n, \text{ дБА}, \quad (4)$$

де L_1, \dots, L_n - рівні звуку на першому, другому, ... n -ому поверхах, дБА.

Однак, відстань від осі транспортного потоку до вікон першого поверху, у загальному випадку, не буде дорівнювати відстані до другого й т. д. поверхів. Це більш докладно розглянуто в [6, 7].

Такі помилки часто є причиною невиправданих витрат на влаштування шумозахисних вікон на верхніх поверхах, які не потребують шумозахисту й т. д.

Використовуючи вище описану модель, враховуючи характеристики спрямованості звукової енергії джерел шуму з'являється можливість комп'ютеризації процесів побудови звукових полів у тривимірному просторі. Застосування тримірних моделей також значно підвищує наочність карт шуму.

3D модель дає нам візуальне уявлення території, причому можна обертати цю територію на 360° і розглядати місцевість з різних напрямків.

Створення 3D моделі місцевості можливо в різноманітних програмних засобах. Розглянемо цей процес з застосуванням програмного забезпечення ArcGis.

Завантажуємо в проект потрібні шари. Активуємо модуль 3D Analyst (Tools - Extensions - 3D Analyst (рис. 4).

Модуль модуль 3D Analyst дозволяє виконувати управління 3D ГІС-даними шляхом редагування просторових об'єктів безпосередньо в ArcGlobe або ArcScene, а також додавання 3D компонентів до 2D даними за допомогою інструментів геообработки, та здійснювати аналіз ГІС-даних за трьома вимірами за допомогою інструментів геообработки, а також використання інтерактивних інструментів в 3D вигляді.

Викликавши контекстне меню натисканням правої кнопки миші на панелі інструментів Arcmap, включаємо панель 3D Analyst (рис. 5).

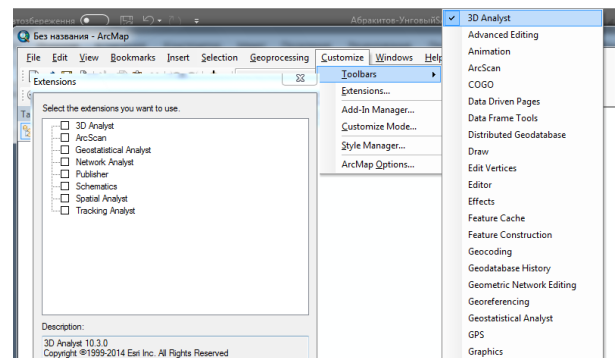


Рис. 4. Активізація модуля 3D Analyst

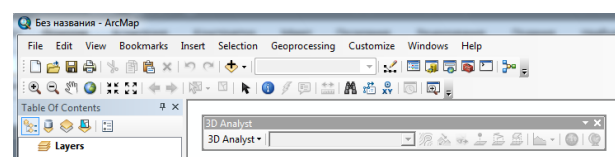


Рис. 5. Панель 3D Analyst в середовищі ArcGIS

Для побудови 3D моделі обираємо інструмент ArcScene.

ArcScene є додатком 3D візуалізації, яке дозволяє переглядати ГІС дані в тривимірному зображенні.

ArcScene дозволяє поєднувати безліч шарів даних в 3D середовищі. Для розміщення просторових об'єктів 3D, додаток використовує дані про висоту об'єкта, отримані з його геометрії, атрибути об'єкта, властивості шару або задану 3D поверхню. Кожен шар 3D зображення може оброблятися окремо від інших. Дані, що мають різну просторову прив'язку, будуть перепроєцтовані, або відображені з використанням тільки відносних координат. ArcScene повністю інтегрований в середу геообработки, що дає можливість використовувати численні аналітичні інструменти і функції.

ArcScene дозволяє будувати багатшарові сцени й визначати, якими символами будуть представлені об'єкти кожного шару на сцені, як він буде розташований у тривимірному просторі, і як відображений. Можна також визначати загальні властивості сцени, такі як освітлення. Можна вибирати об'єкти сцени за значеннями їхніх атрибутів, за їхнім розташуванням щодо інших об'єктів або безпосередньо клацнувши на потрібні об'єкти сцени. Можна переміщатися по сцені або вказувати координати спостерігача й цілі для програми перегляду.

Можна відобразити векторні дані, так само як і поверхні, у перспективному вигляді.

Векторні дані відрізняються від даних поверхні тим, що вони представляють дискретні об'єкти, а не безперервні явища. Об'єкти звичайно характеризуються формою (геометрією) і атрибутами.

Для оцінки шумового забруднення на території центра м. Харків, в якості приклада, була побудована 3D модель даної місцевості з урахуванням особливостей рельєфу.

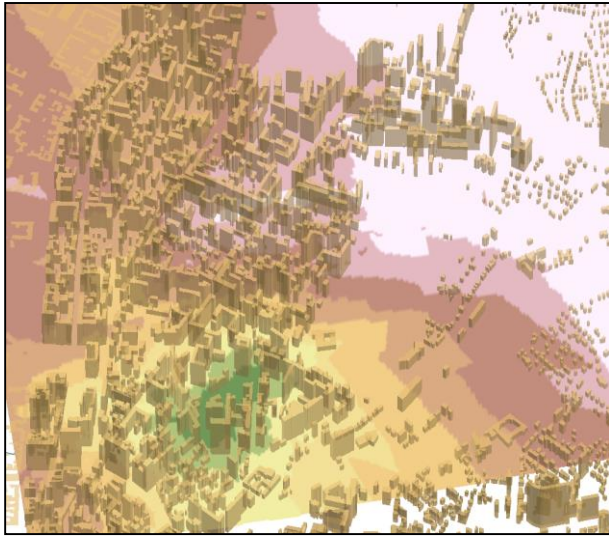


Рис. 6. Кінцевий результат досліджень - карта центральної частини м. Харкова

Структура міського шуму цілком зрозуміла й очевидна. Основним джерелом акустичного забруднення є транспорт, причому 90% шуму викликає автомобільний транспорт.

Рекомендації щодо методів боротьби з шумом.

Перший спосіб - обмеження пересування транспорту в межах міста (зокрема, максимальне розвантаження міських доріг від найбільш гучних вантажних машин).

Другий спосіб - прибрати дороги в тунелі, де це можливо. Однак у рамках міста він може здійснюватись лише на деяких ділянках міста.

Третій - встановлення шумозахисних екранів уздовж трас. Вони значно знижують шум, але дозволяють захищати від шуму тільки квартири до четвертого поверху (в середньому, в залежності від топографії).

Четвертий - заміна громадського транспорту. Замість звичайних трамваїв можна пустити низькопольні. Замінити старі рейки потягів на сучасні, більш тихі.

П'ятий спосіб - захист за допомогою архітектурно-будівельних методів. Це й застосування звукопоглинаючих матеріалів, і створення противошумових розривів, і розміщення житлових будівель у глибині кварталів, і перенесення гучних виробництв за міську межу, й використання вікон з підвищеною шумоізоляцією (установка на вікна противошумових тришарових склопакетів), і спеціальні захисні екрани уздовж жвавих трас, і смуги зелених насаджень шириною 50 і більше метрів.

Шостий - перевірка автомобілів на рівень шуму

вихлопу (за директивою Європейського Союзу, вихлоп має бути не більше 80 дБ).

Сьомий - він пов'язаний із застосуванням особливого дорожнього полотна, так званого шумопоглинаючого асфальту. Такий асфальт являє собою дорожнє покриття з високою пористістю, що дозволяє знизити рівень шуму від дотику автомобільних шин з дорогою.

Висновки

Використовуючи описану модель, враховуючи характеристики спрямованості звукової енергії джерел шуму з'являється можливість комп'ютеризації процесів побудови звукових полів у тривимірному просторі. Застосування тримірних моделей значно підвищує наочність карт шуму. Побудовані 3D модель центральної частини м. Харків з урахуванням особливостей рельєфу. Надано рекомендації боротьби з шумом.

Література

1. Абракітов, В.Е. На шляху до наукових відкриттів [Текст] : Монографія. / В. Е. Абракітов. – Харків: Парус, 2007. – 424 с.
2. Самойлюк, Е. П. Борьба с шумом в градостроительстве. [Текст]. / Е. П. Самойлюк. – Київ: Будівельник, 1975. – 126 с.
3. Марков, С. Б. Опыт построения карт шума в условиях сложной городской застройки с помощью программного комплекса EXNOISE [Текст] / С. Б. Марков // Автотранспорт: от экологической политики до повседневной практики Труды IV Международной научно-практической конференции. 20-21 марта 2008 г., Санкт-Петербург - СПб, Изд-во МАНЭБ, 2008. - с. 42-48.
4. Буторина, М. В. Картирование шума на территории, прилегающей к автомобильным дорогам, при помощи программы SOUNDPLAN [Електронний ресурс]. / М. В. Буторина – Режим доступу: <https://www.transecoproject.ru/press-center/33/>
5. Абракітов, В.Э. Натурные исследования шума г. Харькова. [Текст]. / В. Е. Абракітов. – Харків: Парус, 2008. – 68 с.
6. Патент № 42388 (Україна). Спосіб визначення інтенсивності випромінювання на відстані від джерела. [Текст]. / Абракітов В.Е. МПК G01H 5/00, G10K 15/00, G02F 1/00, H01J 47/00. - Заявл. 12.11.2007. - № а 2007 12494. - Опубл. 10.07.2009. Бюл. № 13, 2009.
7. Абракітов, В.Е. Багаторазові відбиття звуку в акустичних розрахунках. [Текст]. / В. Е. Абракітов. – Харків: ХНАМГ, 2007. - 416 с.
8. Абракітов, В. Э. Экономические аспекты борьбы с шумом [Текст] / В. Э. Абракітов. // Коммунальное хозяйство городов. Вып. № 89. Киев. – Техніка, 2009. - С.460-464.
9. Абракітов, В. Е. Майбутнє - за тривимірними просторовими картами шуму. [Текст] / В. Е. Абракітов // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сборник. Вып. 91. - К.Харьков: Основа, 2010. - С. 161-168.

References

1. Abrakritov, V. E. (2007) Towards scientific discoveries. Monograph.. Kharkiv: Sail, 424.
2. Samoiluk, E.P. (1975) Fighting noise in urban planning. / E. P. Samoiluk. - Kiev: The Builder, 126.
3. Markov, S. B. (2008) Experience in constructing noise maps in complex urban development using the EXNOISE software package. *Road transport: from environmental policy to everyday practice. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference. March 20-21, 2008, St. Petersburg - St. Petersburg, Maneb Publishing House*, 42-48
4. Butorina, M. V. (n.d.) Noise mapping in the territory adjacent to highways using the SOUNDPLAN program. Retrieved from: <https://www.transecoproject.ru/press-center/33/>.
5. Abrakritov, V. E. (2008) Field studies of noise in Kharkov. Kharkiv: Parus, 68.
6. Patent No. 42388 (Ukraine). A method of determining the radiation intensity at a distance from the source. / Abrakritov V.E. IPC G01H 5/00, G10K 15/00, G02F 1/00, H01J 47/00. - Statement. 12.11.2007. - № a 2007 12494. - Publ. 10.07.2009. Bul. No. 13, 2009.
7. Abrakritov, V.E. (2007) Repeated reflections of sound in acoustic calculations. Kharkiv: KNAMG, 416.
8. Abrakritov, V.E. (2009) Economic aspects of noise control. *Utilities of cities*, 89. Kiev. - Engineering, 460-464.
9. Abrakritov, VE (2010) The future - on three-dimensional spatial noise maps. *Utilities of cities: Scientific-technical. Compilation*, 91. K.Kharkov: Basis, 161-168.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Харченко В. Ф., Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна

Автор: АБРАКІТОВ Володимир Едуардович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри.
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – abrakritov67@gmail.com

Автор: БІЛИМ Павло Анатолійович
кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри.
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – pashha56@ukr.net

Автор: НЕСТЕРЕНКО Світлана Володимирівна
кандидат технічних наук, старший викладач.
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – spriz.72@ukr.net

Автор: РОГОЗІН Анатолій Сергійович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри.
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – darbar@ukr.net

CONSTRUCTION OF THREE-DIMENSIONAL SPACE NOISE CARDS

V. Abrakritov, P. Bilym, S. Nesterenko, A. Rogozin

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Recent research has shown that city noise has a negative impact on human health. Noise maps have been widely used in recent years and are used to visualize the noise regime of territories. When constructing such noise maps, lines of the same sound level connect those points on the terrain plan, where quantitatively equal decibel values are recorded.

However, such a picture, as well as having a good time in the two-dimensional expanse, in the area, it is not enough to precisely identify the boundaries of the zones of acoustic discomfort, which may cause a trivial vimir. Spacious pictures to noise can be a large number of spacious figures, which can show the standard sound for the objects in the highest noise in the decimal areas (three open spaces), the base must be left open, open, vimir is a hang over the surface of trunt.

Vicoristuyu described in the robot model, vrakhovuychi characteristics of the direct soundness of the energy and noise, there is the ability to computerize the process of awakening sound fields in the vast expanse. The presence of trim models also significantly increases the accuracy of noise maps.

To gain a spacious picture of dzherel noise, the technique described in the robot is to be heard. To evaluate the noise clutter in the territory of the center of Kharkiv metro station, in the capacity of the butt, the bull was inspired by the 3D model of the given data from the specifications of the features of the rel.

Keywords: ArcGIS 3D model, noise map, model, noise.